

直流无刷电机的原理及其控制

2014英飞凌XMC 微控制器巡回研讨会



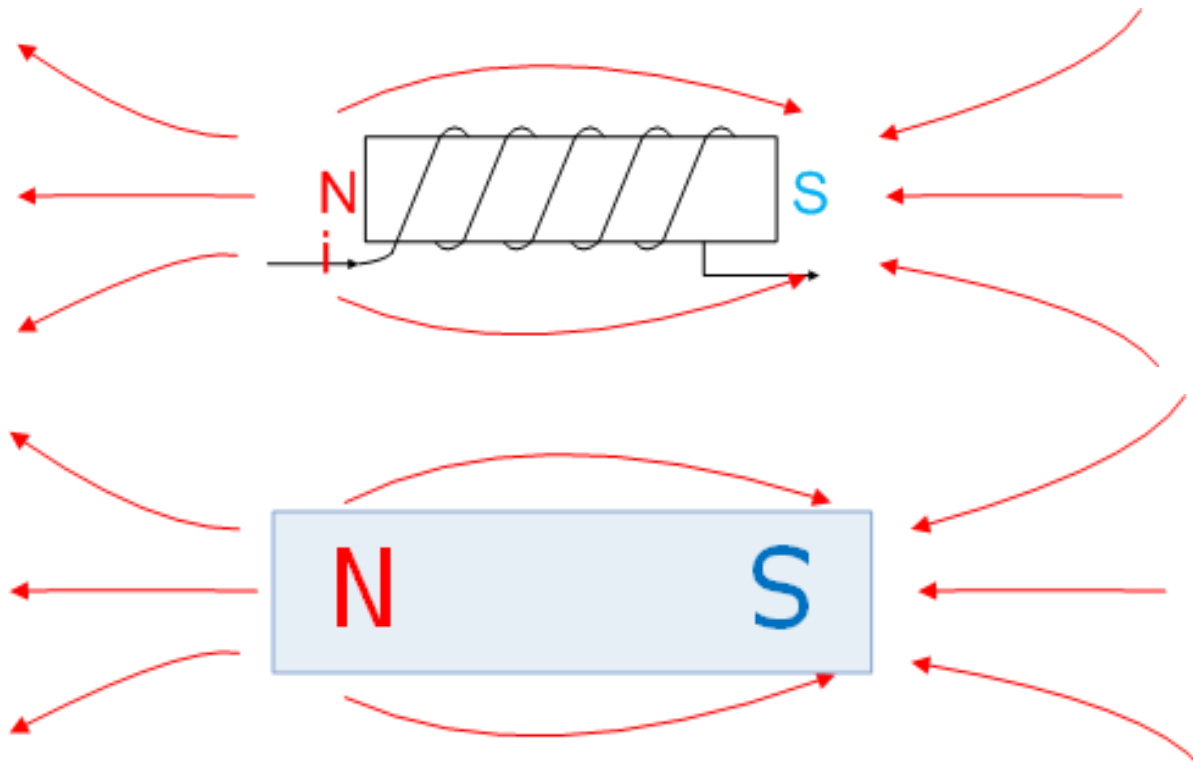
Never stop thinking

■ 直流无刷电动机结构及工作原理

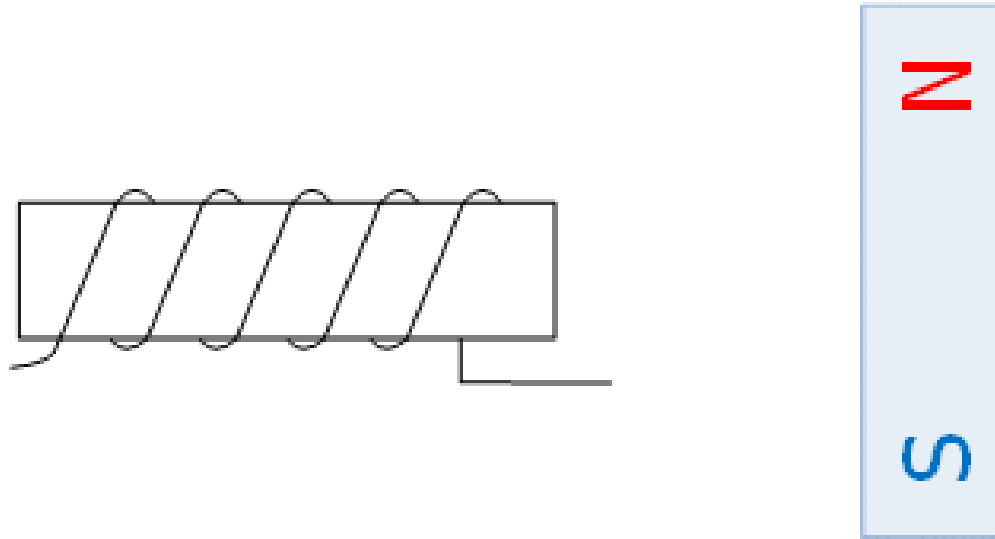
■ 直流无刷电机的控制技术

■ 电机工作的基本原理

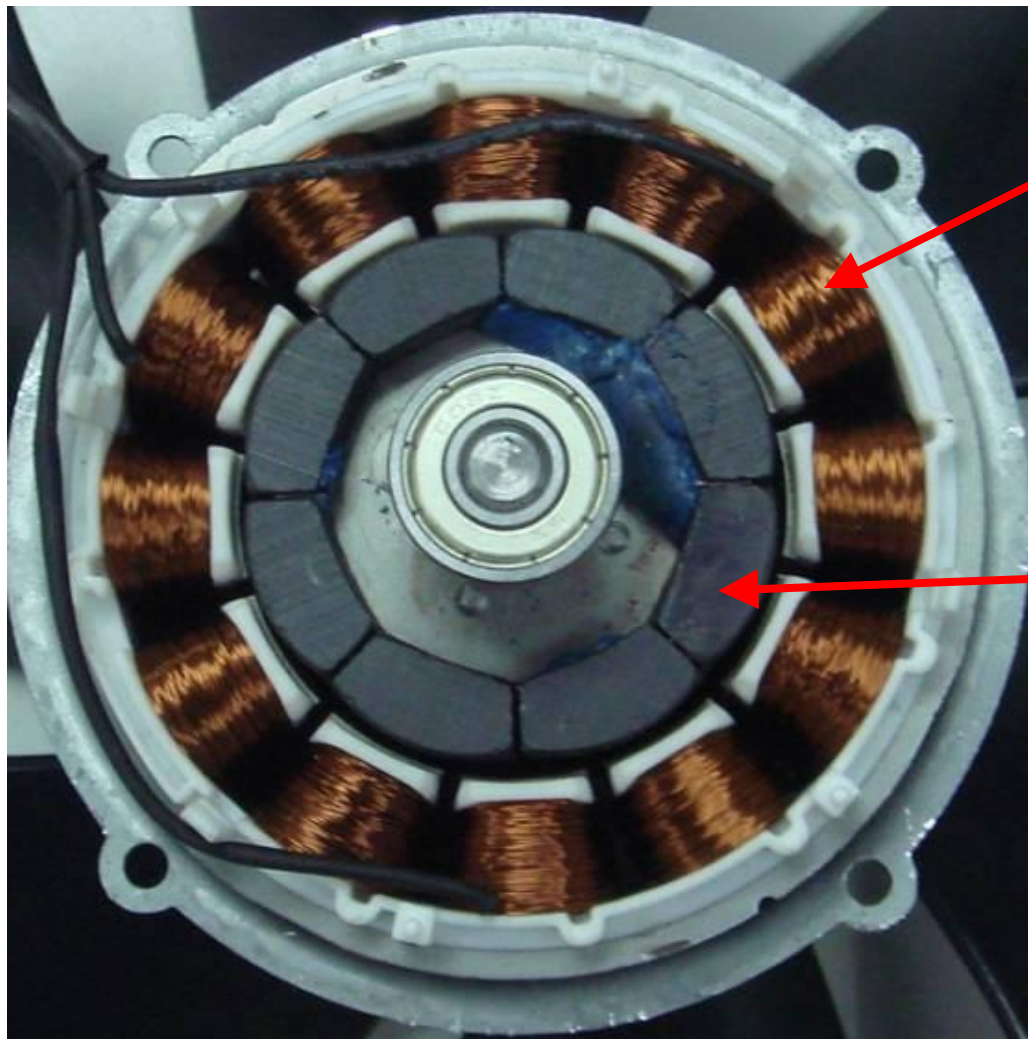
1) 通电导体产生磁场，特别的，通电线圈的磁场和磁体类似



2) 磁体同性相吸、异性相斥，通电线圈和永磁体之间同样存在这样的现象



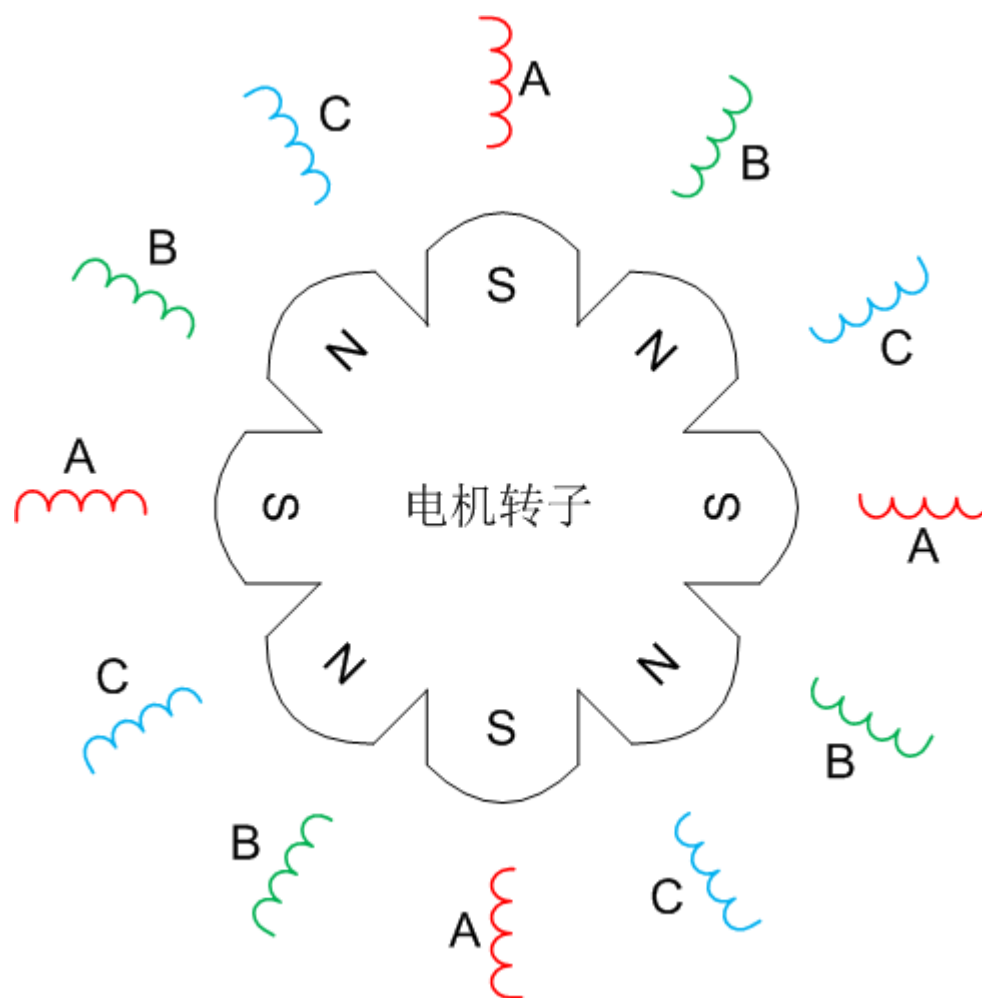
- 无刷直流电机利用了通电线圈和永磁体的相互作用原理



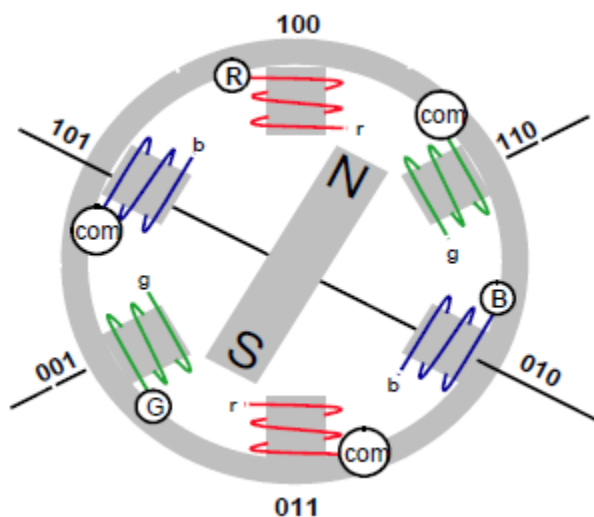
定子（通电线圈），定子绕组多采用三相并以星形方式连接

转子（永磁体）

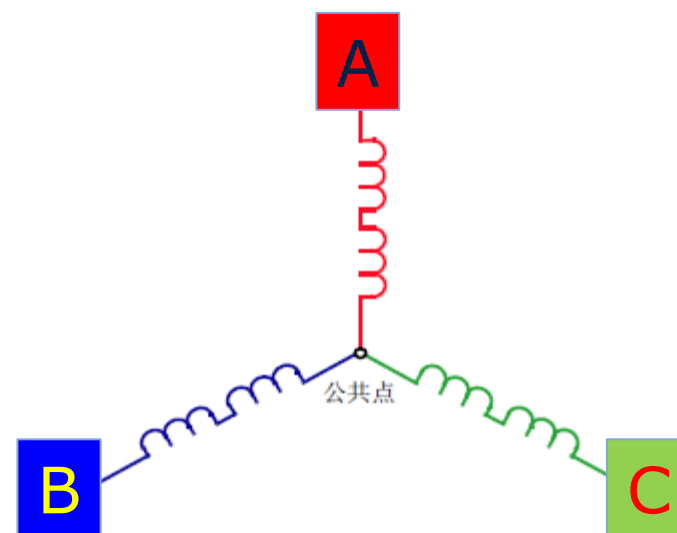
■ 无刷直流电机的逻辑结构



■ 直流无刷电机的简化逻辑结构

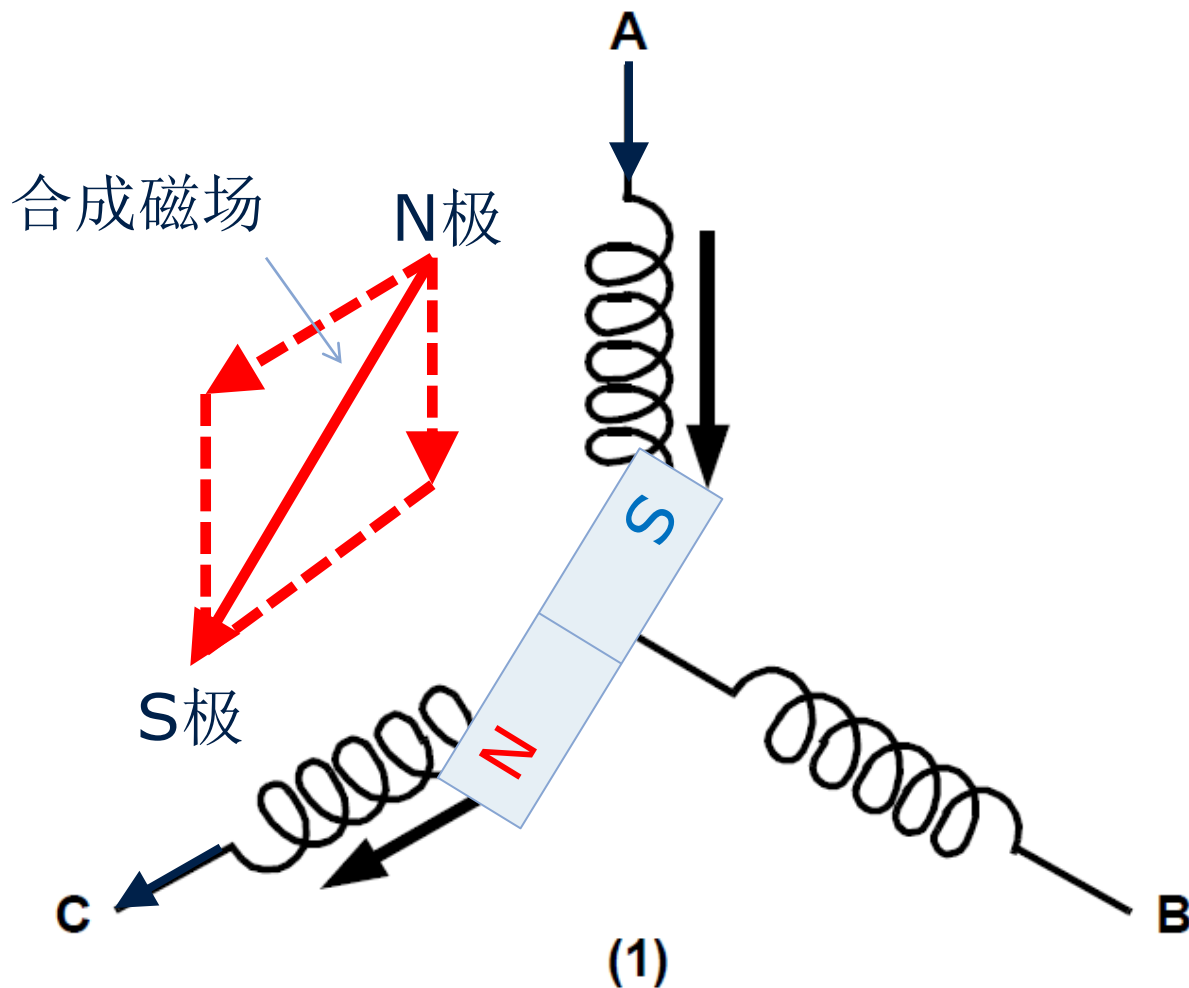


转子可以简化为**1**对磁极的磁体



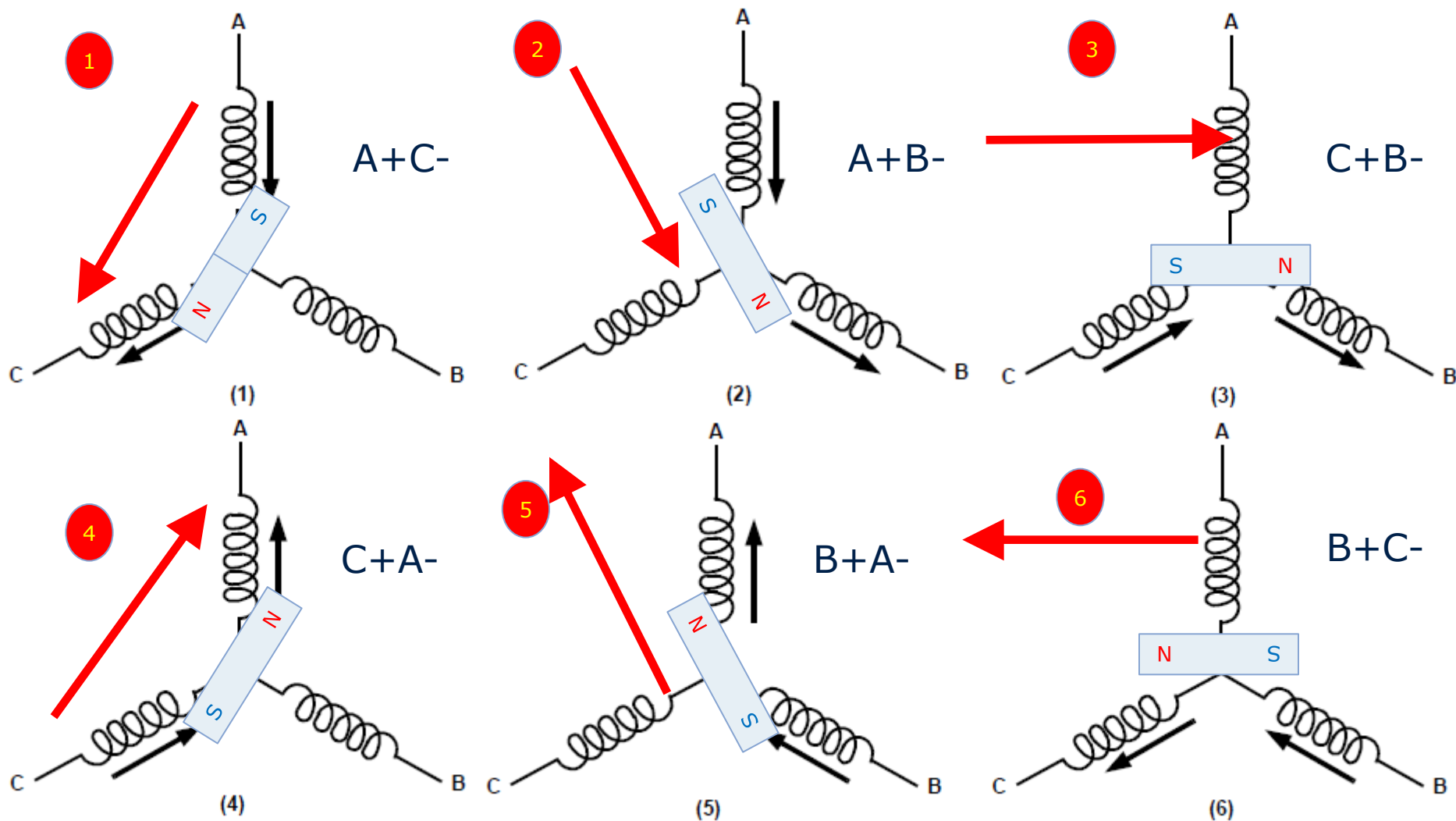
定子线圈，根据其绕线方式，可以简化为**3**个公共点相连的线圈

- 通电的线圈会产生各自的磁场，他们的合成磁场满足矢量合成的原则

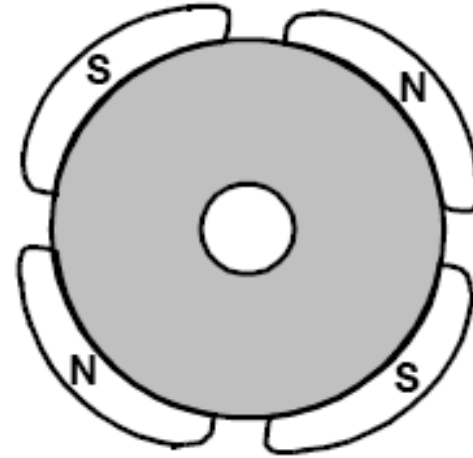
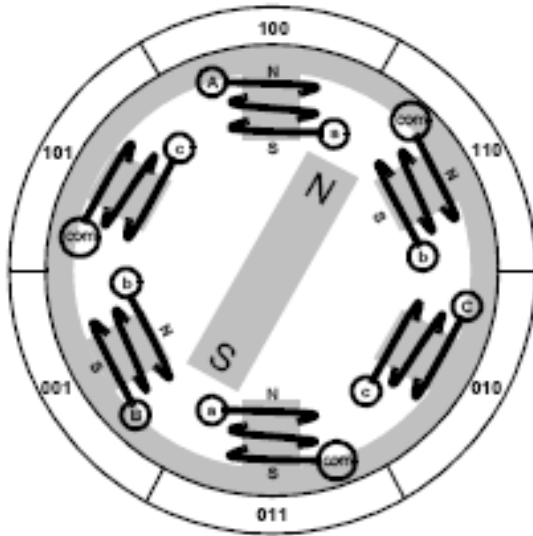


直流无刷电动机（BLDC）结构及工作原理

■ 直流无刷电机的6拍工作方式，线圈产生旋转磁场



■ 附：电角度和机械角度



- 机械角度是指电机转子的旋转角度,由 Θ_m 表示;
- 电角度是指磁场的旋转角度, 由 Θ_e 表示。
- 当转子为一对极时, $\Theta_m = \Theta_e$;
- 当转子为 n 对极时, $n * \Theta_m = \Theta_e$ 。

■ 直流无刷电动机结构及工作原理

■ 直流无刷电机的控制技术

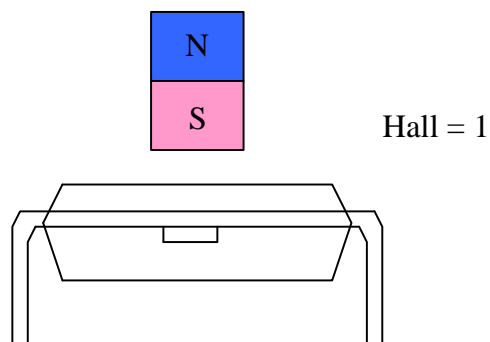
梯形波控制

根据**转子磁极位置**，对定子线圈进行换相通电，形成**6步的旋转磁场**，进而带动转子同步转动的控制方式。

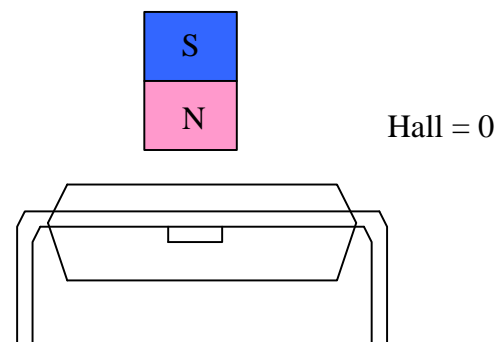
关键技术1—通过安装在电机上的霍尔器件来获取**转子**磁极位置信息。

关键技术2—通过**6**个功率器件组成的**3**相半桥来控制线圈的**6**拍通电方式，形成**旋转磁场**。

- 霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器，它可以有效的反映通过霍尔原件的磁密度

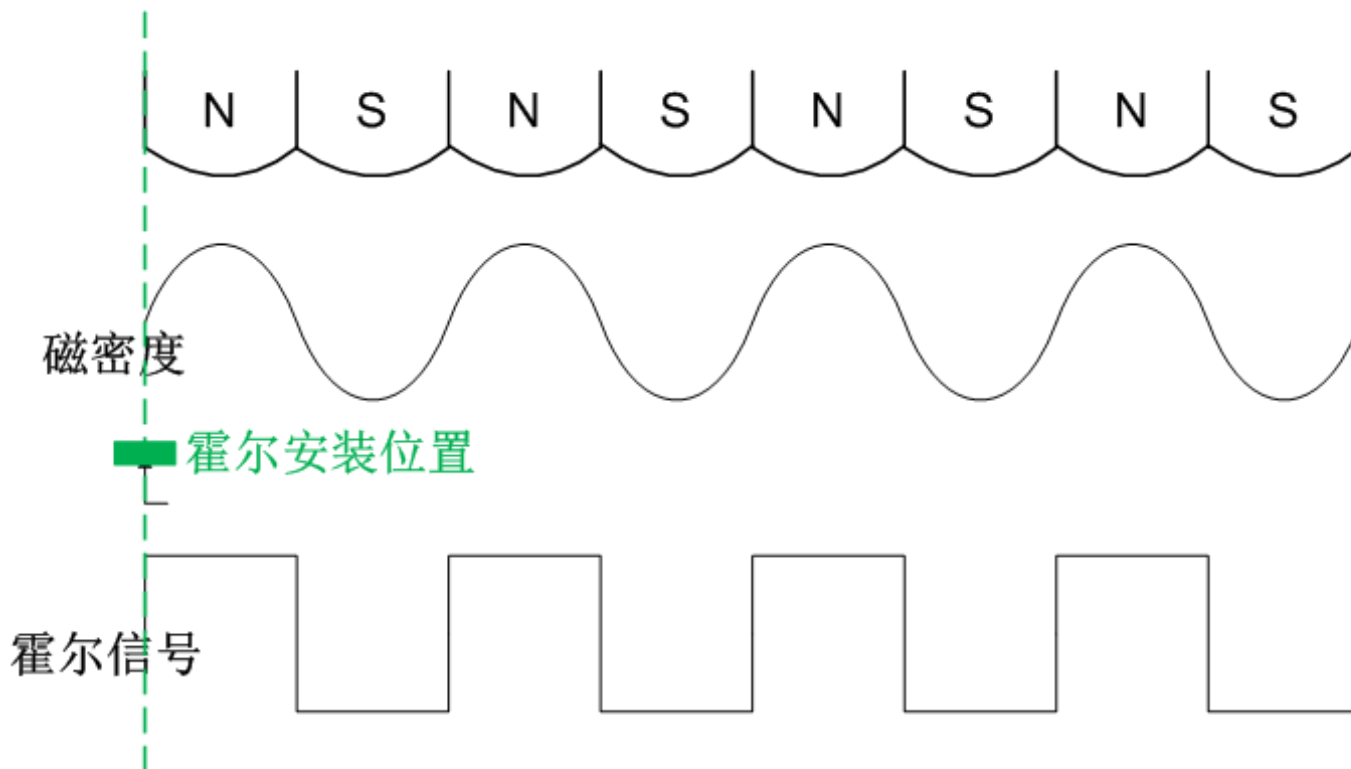


有正向磁场通过霍尔，输出“1”

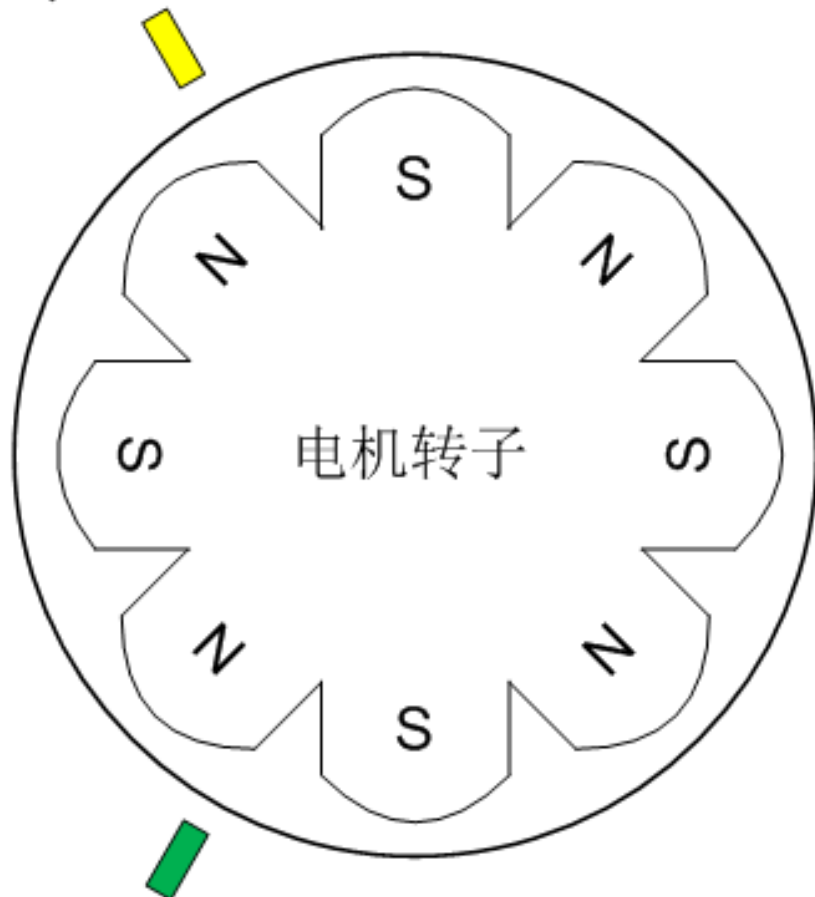


有反向磁场通过霍尔，输出“0”

- 当霍尔在和电机的转子做相对运动时，会随着转子下磁密度的变化，产生变化的信号



霍尔3 120° 电角度 $(120^\circ \times 4) \% 360^\circ = 120^\circ$

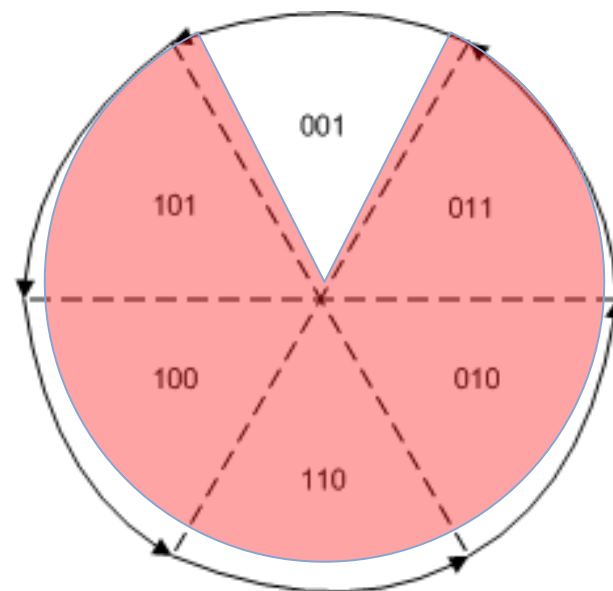
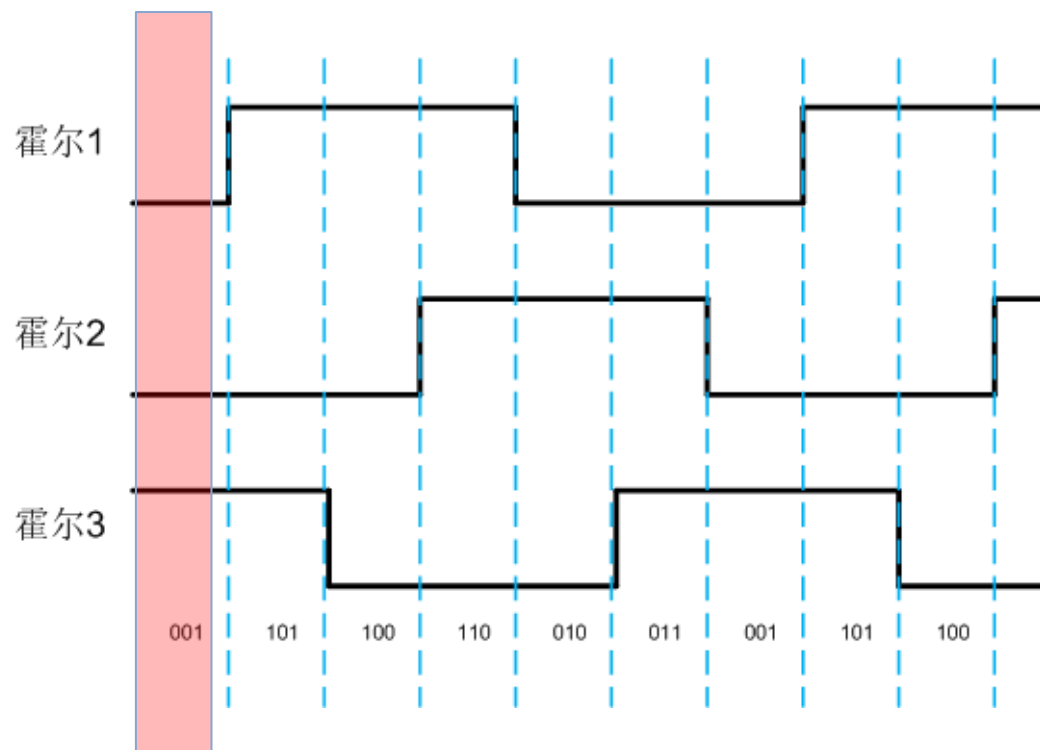


■ 在电机中安装3个电角度相差 120° 的霍尔原件，可以有效的反映电机转子位置

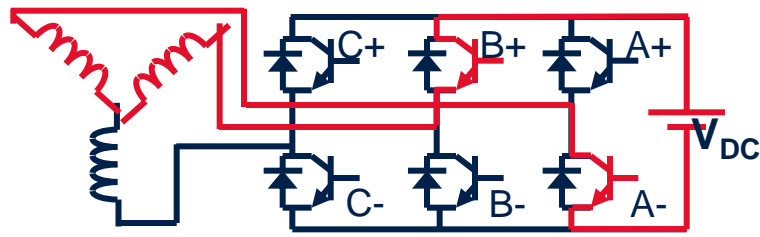
霍尔1

0°
电角度 0°

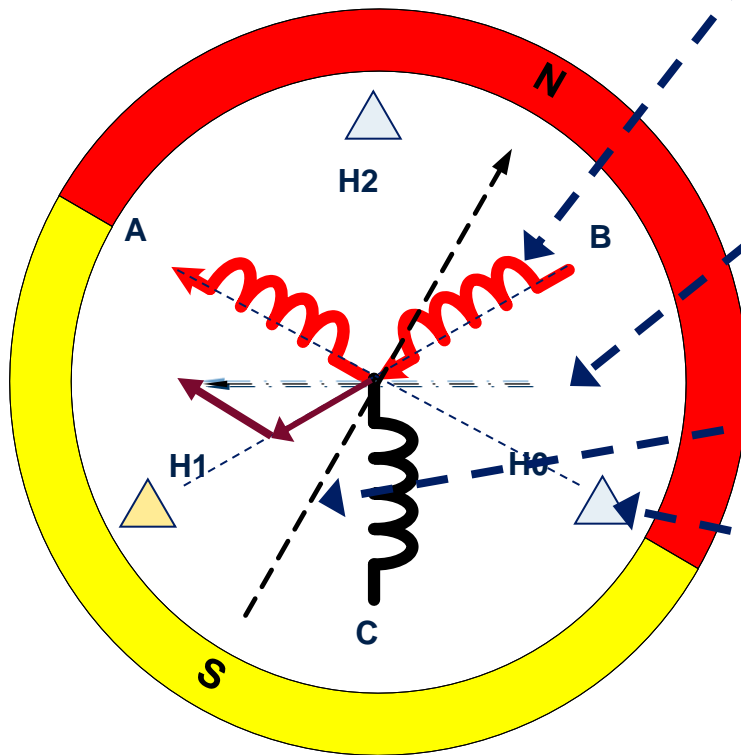
霍尔2 240° 电角度 $(240^\circ \times 4) \% 360^\circ = 240^\circ$



- 电机按一定方向转动时，3个霍尔的输出会按照6步的规律变化



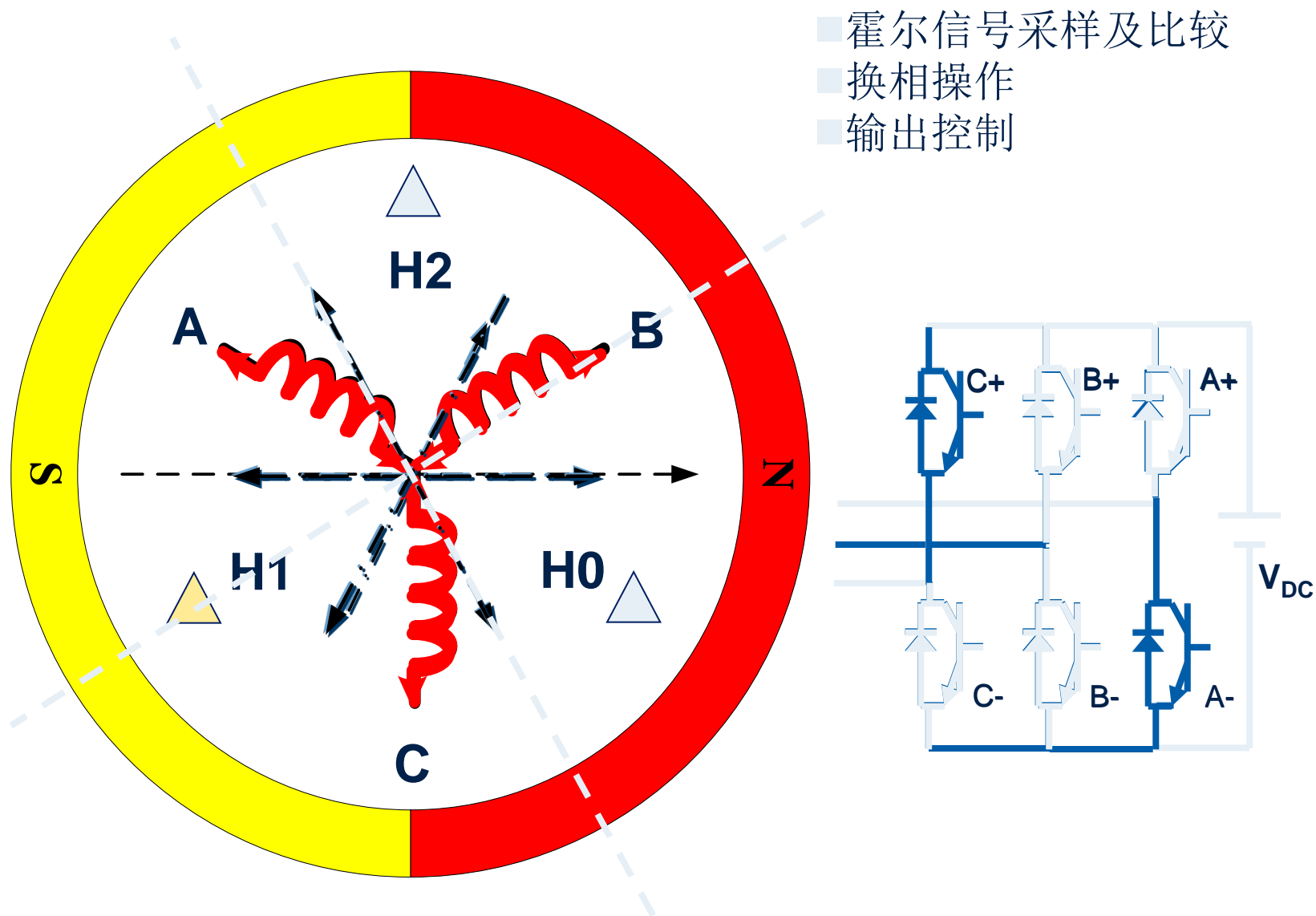
■ 箭头表示绕组励磁电流的方向及产生的磁场的方向



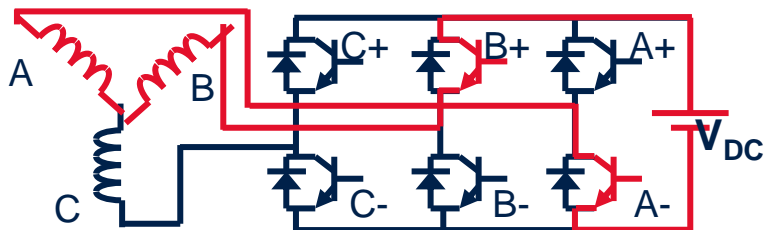
■ 定子磁场方向，即绕组产生磁场的矢量和

■ 转子磁场方向（永磁体）

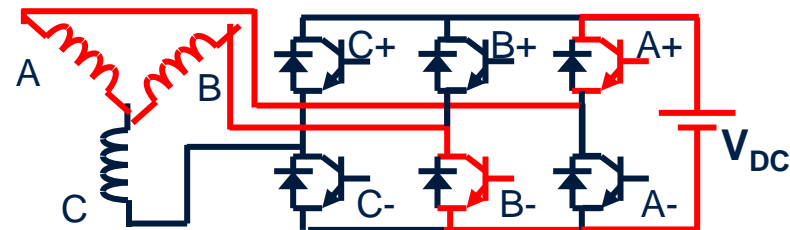
■ 当霍尔传感器感应到“N”时，输出高电平



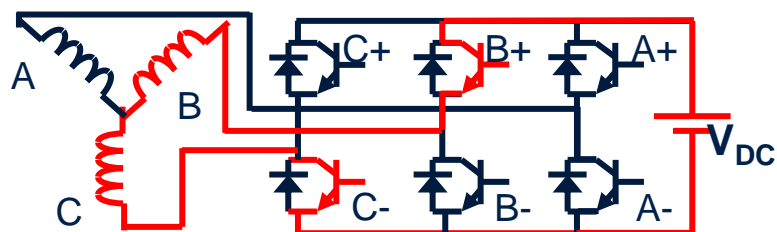
三相半桥的6拍换向控制



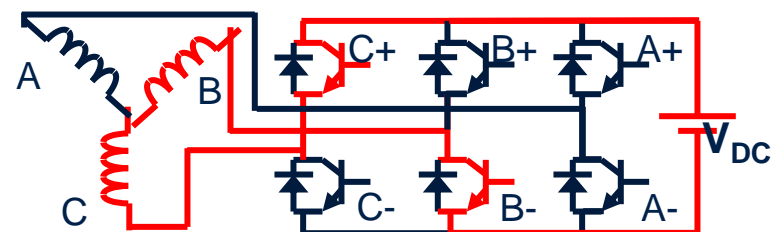
1 B+A-



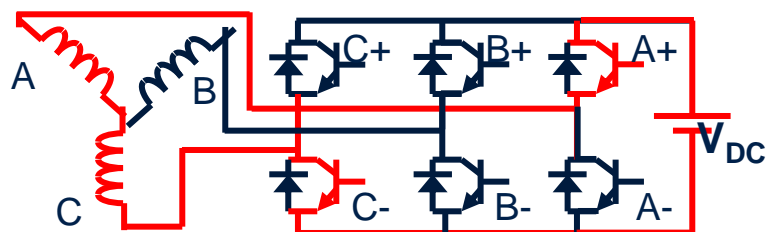
4 A+B-



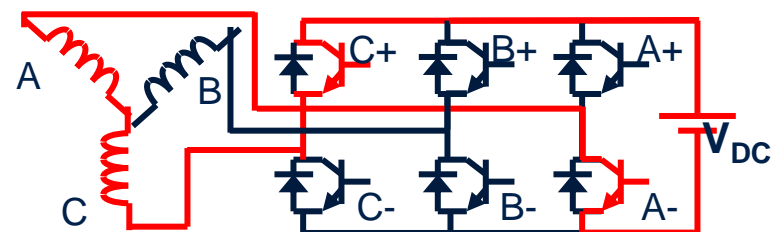
2 B+C-



5 C+B-



3 A+C-



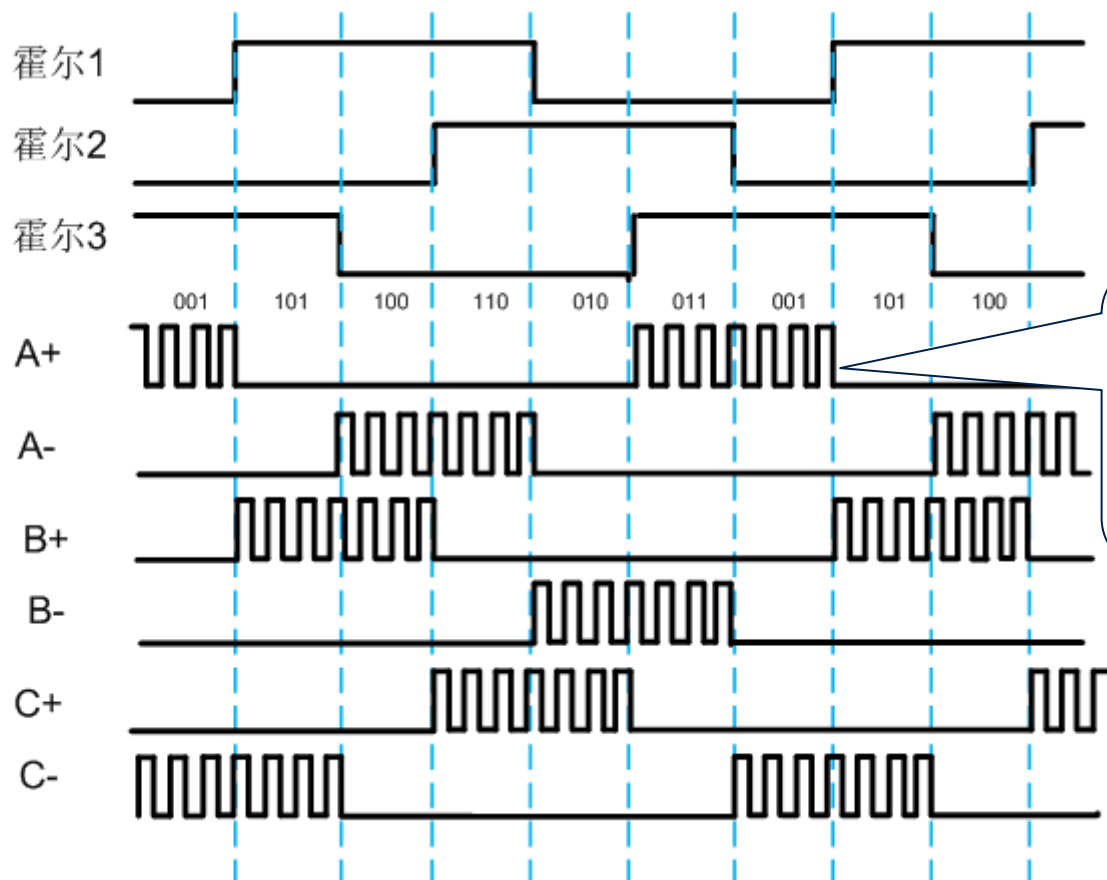
6 C+A-

BLDC的正反转控制

正 转	霍尔 #1	霍尔 #2	霍尔 #3	A+	A-	B+	B-	C+	C-	方向
	1	0	1	关闭	开通	关闭	关闭	开通	关闭	↓
	0	0	1	关闭	开通	开通	关闭	关闭	关闭	↓
	0	1	1	关闭	关闭	开通	关闭	关闭	开通	↓
	0	1	0	开通	关闭	关闭	关闭	关闭	开通	↓
	1	1	0	开通	关闭	关闭	开通	关闭	关闭	↓
	1	0	0	关闭	关闭	关闭	开通	开通	关闭	↓

反 转	霍尔 #1	霍尔 #2	霍尔 #3	A+	A-	B+	B-	C+	C-	方向
	1	0	1	关闭	关闭	开通	关闭	关闭	开通	↑
	0	0	1	开通	关闭	关闭	关闭	关闭	开通	↑
	0	1	1	开通	关闭	关闭	开通	关闭	关闭	↑
	0	1	0	关闭	关闭	关闭	开通	开通	关闭	↑
	1	1	0	关闭	开通	关闭	关闭	开通	关闭	↑
	1	0	0	关闭	开通	开通	关闭	关闭	关闭	↑

■ 通过PWM控制的方式调速



把连续的开通，转变为开/关交替的PWM形式，来实现调速控制

■ 通过调制技术可以有效的解决续流时候的损耗

